



修士論文

仮想性を内包する  
Internet of Things サービスのための  
デザインスペース構築

早稲田大学大学院基幹理工学研究科  
情報理工・情報通信専攻

具島航太

学籍番号

5116FE02-4

提出年月日

2018 年 1 月 30 日

指導教授

中島達夫

# **A Design Space for Virtuality-Introduced Internet of Things Services**

**Kota Gushima**

Thesis submitted in partial fulfillment of  
the requirements for the degree of  
Master in Computer Science and  
Communications Engineering

Student ID	5116FE02-4
------------	------------

Submission Date	Jan 30. 2018
-----------------	--------------

Supervisor	Prof. Tatsuo NAKAJIMA
------------	-----------------------



## 概要

AR や VR 技術の登場により、「仮想性」が現実世界に導入されつつある。IoT サービスを拡張するための技術として、AR を活用している研究がある。2015 年に Pokric らは IoT デバイスのセンシング結果を AR で表示するアプリケーションを作成している。こういったサービスには、様々なバックグラウンドを持つ専門家による議論が不可欠である。しかしながら、議論するための土台がない。そのため、本論文ではその議論するための土台となるデザインスペースを検討する。

本研究では、IoT サービスの分析を行う。IoT の分析には、クラウドファンディングプラットフォームである Kickstarter を用いた。Kickstarter で提案されている 138 の IoT に関するプロダクトを分析し、その特徴を得る。

仮想性の分析には、3 つのケーススタディを用いる。一つ目は Virtual Aquarium である。Virtual Aquarium は、歯磨き習慣を促進するアプリケーションである。二つ目のケーススタディである HoloMoL は、Microsoft HoloLens により仮想テキストウィンドウを現実空間に表示することで、記憶力を高めるアプリケーションである。三つ目のケーススタディである Ambient Bot は、シースルーのヘッドマウントディスプレイを活用して、ユーザーの周囲に日常的にキャラクターを表示する。そのキャラクターと目を合わせることで、ニュースなどの情報を取得することができる。これらのケーススタディを分析することで、デザインスペースの次元を得る。

その後、得られた次元を評価するためにフォーカスグループを実施する。フォーカスグループの結果から、さらにデザインスペースへの議論を深めていく。

このデザインスペースを用いて、サービスをデザインを行うことが将来課題としてあげられる。将来的に、我々はこのデザインスペースを活用して新たなサービスのプロトタイプをデザインすることで、評価を行っていく。

## **Abstract**

"Virtuality" becomes to be introduced into the real world by Augmented Reality and Virtual Reality technologies. Some researchers try to integrate Internet of Things into virtuality technologies. In 2015, Pokric et. al. developed an application that displays the sensed data through the AR application. These application are discussed by several experts that have various backgrounds. However, there is no basis for discussion, therefore, in this thesis, I will consider the design space as the basis for discussion.

In this thesis, I analyzed the IoT service. For the analysis of IoT, we use Kickstarter, which is a crowdfunding platform. I analyzed 138 IoT products proposed in Kickstarter and revealed their characteristics.

Three case studies are used for virtuality analysis. The first one is Virtual Aquarium. Virtual Aquarium is an application that promotes tooth brushing habits. The second one is HoloMoL, which is an application that enhances human memorization by displaying the virtual text window in real space with Microsoft HoloLens. Ambient Bot, which is the third case study, uses the see-through head mounted display to appear the characters on a daily basis around the user. By making eyes with that character, the user can acquire information such as news. By analyzing these case studies, we got the dimensions of the design space.

Thereafter, a focus group is conducted to evaluate the obtained dimensions. From the results of the focus group, we deepened the discussion on the design space.

Designing the service using this design space is a future task. In the future, we will evaluate by designing a prototype of a new service utilizing this design space.

第1章	序論 .....	8
第2章	関連事例 .....	10
第1節	既存の VR、AR の活用例 .....	10
第2節	IoT の活用事例 .....	11
第3節	IoT と仮想性の統合事例 .....	13
第3章	IoT プロダクトと仮想性を持つケーススタディの分析 .....	14
第1節	IoT プロダクトの分析 .....	14
第2節	仮想性を内包するケーススタディ .....	17
第1項	Virtual Aquarium .....	17
第2項	HoloMoL .....	19
第3項	Ambient Bot .....	20
第4章	仮想性を含む IoT サービスのためのデザインスペースの導出 .....	29
第1節	第一次元：デバイス分類 .....	29
第2節	第二次元：物理オブジェクト依存度 .....	29
第1項	物理オブジェクト依存度：高 .....	30
第2項	物理オブジェクト依存度：中 .....	30
第3項	物理オブジェクト依存度：低 .....	30
第3節	フォーカスグループ .....	31
第4節	第三次元：情報変換度 .....	33
第1項	導出 .....	33
第2項	フォーカスグループとその考察 .....	34
第5章	将来課題：コミュニティのための仮想性 .....	37
第6章	結論 .....	38

## 図目次

図 3-1 Virtual Aquarium の概要 .....	18
図 3-2 HoloMoL の概要 .....	19
図 3-3 Ambient Bot のコンセプト図 .....	21
図 3-4 システムの概要 .....	24
図 3-5 実装されたシステムのフロー .....	25

## 表目次

表 3-1 実験結果.....	26
表 4-1 フォーカスグループの結果.....	32
表 4-2 第二回フォーカスグループの結果 .....	34

# 第1章 序論

これまで発展を続けてきた情報技術は「仮想化技術の発展」とも言える。計算機の歴史において、「仮想」というキーワードは重要である。1968年に Daley は、マルチタスクを実現する計算機のために複数のプロセスに固有のメモリ空間を与えるための仕組みである「仮想メモリ」を実現するためにページングとセグメンテーションというコンセプトを示した[10]。彼が提唱した MULTICS は最終的に実現することはなかったが、UNIX にその思想は受け継がれ、現在のコンピュータを構成しているコンセプトになっている。

また、我々が現在活用しているグラフィカルユーザーインターフェース(GUI)は、Xerox が開発した Alto を起点とし現在に至るまで強い影響を与えてきた[24]。これ以降、専門家以外の誰もが計算機を利用できる環境について議論され、それがパソコン（パーソナルコンピュータ）という形で実現された。それに加え、2000 年代にあると携帯電話の普及率は 50%を超えた[31]。その後、スマートフォンが登場した。アップル社の iPhone に代表されるスマートフォンは他の汎用コンピューティングデバイスと比較して物理ボタンが少なく、キーボードを含む従来の端末では物理的なものを使っていたものも仮想的に画面上で表現している。iPhone7 以降では iPhone シリーズに使われてきた画面下部の物理ボタンを廃止し、振動によってボタンを押している感覚を再現する仕様に変更している。このことから、物理的なものをコンピューティング技術によって仮想的に再現してきたという歴史を垣間見ることができる。

物理的制約に囚われずある機能を実現する性質のことを本研究では「仮想性 (virtuality)」と呼ぶこととする。我々の生活にとって情報技術は必要不可欠なインフラとして機能しており、情報技術はよりいっそう進歩を続けていくと予想される。情報技術のさらなる進歩によって実現される仮想性の幅はこれまでのものよりもはるかに我々の生活をより豊かにするかもしれない。近年は、VR(Virtual Reality、仮想現実)や AR(Augmented Reality、拡張現実)の技術が商用の技術として利用されており、これらの技術を用いた仮想性は人々の暮らす社会に応用され始めている。本研究では AR に着目し、仮想性を利用するサービスをどのようにデザインするのかということについての議論を複数のケーススタディから議論する。具体的にサービスを議論するために、本論文では IoT(Internet of Things、モノのインターネット)を活用したサービスに焦点を絞って議論を深めていく。

2 章ではこれまでの AR, VR の事例と、IoT の活用例、および AR と IoT と組み合わせた関連事例及び関連研究について言及する。ここで紹介されるように、既存の研究やビジネスにおいて上記の技術は活用されてきている。本研究で着目した点は、仮想性を内包する IoT サービスをデザインするための議論の土台となるものがないということである。そのため、本研究は最新の IoT デバイスの分析と、3 つのケーススタディの分析から仮想性と IoT を統合したサービスのためのデザインスペースを提供する。3 章では、IoT デバイスの分析と、3 つのケーススタディを紹介し、4 章でデザインスペース



の導出について言及する。5 章で将来課題を述べ、6 章で結論をまとめる。

## 第2章 関連事例

### 第1節 既存の VR、AR の活用例

VR は、計算機によって実現されるサイバー空間に人が入り込むことができるようになる技術であり、近年は Oculus 社、HTC 社、Sony 社など多くの企業から VR を実現するためのハードウェアが一般ユーザー向けに発売されている。VR のアプリケーションの研究も進んでおり、例えば、VR 技術により、バーチャル世界にあたかも人が入り込み、インタラクションすることができるようになった。これにより、ゲーム体験の拡張だけでなく、リハビリ、自閉症の子供達の教育、ユーザーの自信を高めるようなシステムが提案されている[2, 11, 22, 27]。さらに、モバイル VR を活用したアプリケーションもある[19]。それに加えて、従来の視覚と聴覚の他に触覚、嗅覚からも仮想世界からのフィードバックを得られるような研究が進められている。さらに、omni<sup>1</sup>は実際の歩行を入力として扱う事ができるデバイスであり、仮想世界での体験をよりリアルに感じることができる。

AR は、1992 年に Caudell が著したコンセプトであり[6]、それまでに研究されてきた HMD(Head Mounted Display)を活用して、現実世界を仮想オブジェクトによって拡張するというものである。2016 年に Microsoft 社から発売された HoloLens はこの AR のコンセプトを実現する強力なツールとして期待されている。例えば、現実世界にデジタルオブジェクトを付与することにより、美術館の案内表示や[29]、読書体験を拡張する[6]。加えて、AR テクノロジープラットフォームである Vuforia を提供している PTC は、自社の持つ IoT プラットフォームを組み合わせた開発プラットフォームである ThingWorx Studio<sup>2</sup>を提供することで、IoT と AR を組み合わせたプロダクトの提案を行っている。たとえば、人々はこのプラットフォームを活用して IoT デバイスによりセンシングしたデータを AR により可視化する独自のサービスを展開することが可能になっている。

商業レベルでは、2016 年に登場したスマートフォン向けゲームのポケモン Go は世界的に広がりを見せ、2017 年 6 月時点で 7 億 5 千万ダウンロードを達成している<sup>3</sup>。更に、ポケモン GO はそのゲームプレイを通じてユーザーの活動を 25%促進することに成功している[3]。このゲームにより、AR 技術はより認知され、普及したと予想でき、今後も AR 技術を活用したサービスやゲームは広がりを見せていくと。こういったハンドヘルド型の AR だけでなく、HoloLens を代表とするシースルー型の HMD も製品

---

<sup>1</sup> <http://www.virtuix.com/>

<sup>2</sup> ThingWorx IoT platform | PTC Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.ptc.com/en/internet-of-things/technology-platform-thingworx>

<sup>3</sup> <https://www.nianticlabs.com/press/2017/anniversary2017/>

としてリリースされている。このようなシースルーHMDは1990年代初頭から研究されてきた[7, 20]。他にも、古くから目の前のガラスに情報を投影するヘッドアップディスプレイ(HUD)は研究されている[14]。同様にVR技術もOculus Rift<sup>4</sup>、HTC VIVE<sup>5</sup>、PlayStation VR<sup>6</sup>に代表されるように商業的な段階に至るまで発展している。こういったVRデバイスも1980年代初頭から研究されてきた[15]。こういったデバイスが普及し始めたことにより、仮想性を導入したサービスが増えている。たとえば、cluster.<sup>7</sup>というアプリは仮想空間内で人が集まって活動を行うことを可能にしている。このアプリは数千人集まっても処理ができるプラットフォームなので、仮想空間内で会議やミーティング、コンサート、大規模イベントをも行うことができる。このように仮想空間内に人が入り込むことによって仮想的に人と会ったり、会話したり、同じコンテンツと一緒に楽しむことができ、直接会っていなくても血の通ったコミュニケーションを行うことができる。仮想世界にアクセスするためのHMDやHoloLensといったプロダクトを通じて日常的に仮想オブジェクトと触れ合うようになるのもそう遠い未来ではないかもしれない。

## 第2節 IoTの活用事例

IoTは国の政策を巻き込んで産業界を変革しようとしている。ドイツではIndustry4.0<sup>8</sup>というビジョンを設定しており、これはIT技術を生産技術に応用して工業を新しいステージにアップデートしようという試みである。Industry 4.0は企業の生産性を30%向上させる事ができるであろうと期待されており、さらにドイツの総生産は2025までに2670億ユーロ増加する見込みである。[18]。このビジョンは工場の様々な機械をネットワークに接続することで達成されるものであるため、IoT技術の活用を国をあげて推進していると解釈することができる。また、General ElectronicはIndustrial Internet<sup>9</sup>をコンセプトとして掲げ、産業用機器とITの融合を目指している。こういった産業界へのIoTの活用は期待度が非常に高まっており、GEのような大企業やドイツを筆頭に国

---

<sup>4</sup> Oculus rift | oculus. Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.oculus.com/rift/>

<sup>5</sup> VIVETM. Discover Virtual Reality Beyond Imagination. Available online: <https://www.vive.com/us/> (accessed on 30 August 2017).

<sup>6</sup> PlayStation VR | PlayStation.com Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.playstation.com/en-au/explore/playstation-vr/>

<sup>7</sup> Cluster. Available online: <https://cluster.mu/> (accessed on 30 August 2017).

<sup>8</sup> BMWi. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Industrie 4.0. Available online: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Dossier/industrie-40.html> (accessed on 30 August 2017).

<sup>9</sup> GENERAL ELECTRIC. インダストリアル・インターネット. Available online: <https://www.ge.com/jp/industrial-internet> (accessed on 26 January 2017).

レベルでも提言がされていることから、IoT 技術は世界的に注目されていると言える。

IoT は農業にも大きなインパクトを与えると予測できる。例えば、コニカミノルタ・ヤンマーヘリ&アグリは IoT 技術によって日本の農業にイノベーションを起こしつつある[21]。日本の農業従事者は高齢化と後継者不足の問題を抱えており、農作業の効率化は重要な課題である。これまでの稲農家では、SPAD という機器を用いて一株ずつ葉色を計測していた。これを圃場全てに対して行うのは現実的ではないため、圃場ごとに 10~20 株の数値を調べ、その平均値で土壌の大まかな良し悪しを判断していた。そのため、一つの圃場内に栄養が十分な場所と不十分な場所が混在しているにも関わらず、農家は圃場の細かい生育状態を細かく知ることができないので、肥料を与えときには圃場に対して均一に肥料を与えていた。そこでヤンマーヘリは日本の 42% の農家で無人ヘリは使用されていることに着目し、その無人ヘリにコニカミノルタの赤外線カラーカメラを搭載することで稲の葉色のセンシングを行うアイディアをベースに新しい事業を考えた。しかし、無人ヘリは強い風を引き起こしてしまい、稲が倒れてしまい、センシングすることができない。そこで彼らはドローンを使ってセンシングすることにした。ドローンに搭載したカメラのデータを収集して葉色マップを作成し、その葉色に応じて無人ヘリから肥料を追加することを可能にした。実際に圃場でのセンシングの結果に基づいて可変追肥を行うと、目に見えて大きな効果があった。土壌が適切に改善されたことで、同量の肥料と 10 メートル四方あたりの収量は 7 俵から 11 俵へ増加。ブランド米の「はえぬき」でも、6 俵から 10 俵へ収穫量が増えた。さらに品質の指標であるタンパク質含有量についても、有意差のある効果が認められた。そのほかにも、IoT を活用した農業への取り組みは多く見られ[42, 45]、農業の研究のためにも IoT が使われている[35]。農業は、環境のモニタリングが効率よく作物を生産するためには重要であるため、センサーネットワークを提供する典型的な IoT とは相性が良い。

IoT 技術は工業や農業だけでなく、日常生活にも活用されていくと考えられる。家電をデジタル化して、ネットワークでコネクさせるスマートホームは 2000 年前半から議論されており[8]、現在でも研究されている[36]。現在はスマートスピーカーである Amazon Echo に繋がっている。2014 年に Amazon.com が Amazon Echo を発表して以降、Google による Google Home と Apple の HomePod が続いて発表された。これらのプロダクトはスピーカーに話しかけることで天気や web の情報にアクセスできるだけでなく、他のスマート家電と接続して操作することができる。それらのプロダクトに「今日の天気は？」と質問することや、「明かりを消してくれ」と頼むこともできる。IoT が浸透してスマート家電が主流になった時には、こういった操作が普及し、我々はいちいちテレビやエアコンのリモコンを探す必要がなくなるかもしれない。ワイヤレスセンサーネットワークを構築されたスマートホームではセキュリティの問題が起こることが多く、それに対する取り組みも多く行われている[12,33]。

### 第3節 IoT と仮想性の統合事例

IoT デバイスは多種多様なものが存在しており、センサーで現実世界の情報をデータ化することもできるし、仮想世界の状態に応じてライトやスピーカーなどでその状態を人が感知できるようにすることもでき、さらにアクチュエーターやモータをつかえば現実のものを動かすこともできる。そういったコネクテッドデバイスを活用することで、仮想世界のコンテキストを現実世界に反映させることや、現実世界での状況を仮想世界に反映させることもできる。ここでは、過去の事例として幾つかの研究成果を紹介する。

B.Pokric 氏らはスマートシティのコンテキストで、都市の空気をより良くするためのアプリケーションを AR と IoT を組み合わせることで解決を目指した[34]。彼らは IoT デバイスを用いて空気の状態をモニタリングするサービスである **ekoNET** を開発した。

**ekoNET** はセンシングデバイス、バックエンドのインフラ、ウェブとモバイル用のクライアントアプリケーションの3つで構成されており、気圧、気温、湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、オゾン濃度、一酸化窒素濃度、二酸化窒素濃度、一酸化炭素濃度を測定できる。バックエンドとフロントエンドのシステムは **IoT-A ARM** にしたがって設計されており、他の IoT プラットフォームへの統合が簡単に行えると B.Pokric 氏らは主張している。このシステムに **AR Genie** という AR アプリケーションを作成するためのツールを統合することで空気汚染に対する意識高めるという目的を達成するためのゲームを開発した。

**AR Genie** は **AR Genie Creator**、**AR Genie Deploy**、**AR Genie Mobile** の3つの主なブロックで構成されており、ユーザーはこれらを活用することで簡単に AR アプリケーションのデザインを行うことができると B.Pokric 氏らは主張している。彼らは上記の **ekoNET** と **AR Genie** を組み合わせて **ekoNET** でのセンシング結果を AR 技術を用いて現実世界にオーバーレイ表示された猫のキャラクターが表現するというシリアスゲームを作成し、その有効性を示した。

Atsali らは IoT と MR (Mixed Reality、複合現実)を組み合わせたアプリケーションの実装についての手法を示している [4]。これは **X3DOM** を用いて MR の環境に IoT のデータを取り入れるシステムの技術的実装方法について述べたものである。**X3DOM** とは、VR 環境を web 上で構築するオープンソースフレームワークである。これを用いて、彼らはビル内の水の流れを可視化するアプリケーションを作成した。

## 第3章 IoT プロダクトと仮想性を持つケーススタディの分析

### 第1節 IoT プロダクトの分析

現在、IoT と呼ばれる技術は研究領域だけではなくビジネス分野にも浸透し始めている。現在の IoT の現状を分析するために本研究ではクラウドファンディングプラットフォームである **Kickstarter**<sup>10</sup>で公開されているプロダクトについて分析を行った。

**Kickstarter** とは、ハードウェア開発のための資金調達のプラットフォームとして利用されている。**Kickstarter** で資金調達した結果これまで様々なプロダクトが生まれており、その中に IoT プロダクトも含まれている。そのため、**Kickstarter** の分析により現状の IoT の傾向を知ることができる考えた。**Kickstarter** 内での検索を実施し、検索クエリ「IoT」に対する結果を 142 個得た。2017 年 7 月 25 日の段階では、4 つのプロダクトは投資されていなかったため、それを除いた 138 件のプロダクトについて分析を行った。

最も投資されていたプロダクトは **Briox**<sup>11</sup>というプロダクトである。**Briox** はレゴブロックのような見た目をしていて、それらが通電し、回路として機能する。レゴのように組み上げることができるため、プログラミングスキルは必要なく簡単に自分のオリジナルのプロダクトを作ることが出来る。**Briox** はコネクタブロック、トリガーブロック、アクションブロックのブロックがあり、それらをレゴブロックのように接続することで、**bluetooth** からの信号、近接センサー、音センサー、光センサーのトリガーに対してライトブロックを点灯させたり、モーターブロックを作動させる事ができる。このプロダクトを通じて電子回路の学習をすることができると開発者は言っている。これに似たプロダクトがトップ 10 の中にも存在している。それは **MODI**<sup>12</sup>である。こちらは様々なモジュールを磁石で接続することで機能を提供するプロダクトである。**Briox** との違いは、**MODI Studio** という名前の IDE（統合開発環境）を提供していることである。GUI コーディングと CUI（Character User Interface）コーディングに対応しており、プログラミングによる制御が可能であるため、より高度なカスタマイズをするこ

---

<sup>10</sup> **Kickstarter** Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.kickstarter.com/>

<sup>11</sup> **Briox** - building blocks meet electricity and IoT by boaz almog — **kickstarter** Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.kickstarter.com/projects/1068475467/briox-building-blocks-meet-electricity-and-iot?ref=discovery>

<sup>12</sup> **MODI**: Create anything you want with robotics of things by luxrobo — **kickstarter** Retrieved 8/30/2017, 2017, from [https://www.kickstarter.com/projects/luxrobo/modi-create-anything-you-want-with-robotics-of-thi?ref=nav\\_search](https://www.kickstarter.com/projects/luxrobo/modi-create-anything-you-want-with-robotics-of-thi?ref=nav_search)

とができる。これにより、MODI は Brixo よりも実用的なプロダクトを作成することが可能であると思われる。他のプロダクトの分析からは、センサーデバイスとスマートフォンアプリと接続することにより、ユーザーは通知を受け取ることや、操作を行うことができるプロダクトも多く見られた。4 番目に最も投資された WioLink<sup>13</sup>はベースとなるボードに Grove と呼ばれるセンサーやアクチュエーターを取り付けて IoT デバイスにすることができ、そのデバイスの動作をスマホから定義することができる。加えて、JavaScript, Java, Python, objective C, node JS で書かれた RESTful API と通信することも可能であるため、モバイルアプリでセンサーの情報を rest API を使ってセンサーの値をリクエストすることができる。

本研究ではその分析したプロダクトを 1.Customizable IoT 2.Static IoT 3.IoT をサポートするソフトウェアの3つに分類した。Customizable IoT では、ユーザーは機能やモジュールをカスタマイズできる。上記の Brixo と WioLink はこの CustomizableIoT に分類される。この分類に含まれるプロダクトは Onion Omega2 もある。OnionOmega2 は、超小型の Linux マシンである。このプロダクトでは python、ruby, C++, nodeJS, php による開発ができる。customizable IoT のプロダクトの多くはこのボード形状の arduino や Raspberry Pi に似たプロダクトが多く提案されていた。

StaticIoT は、特定の機能をユーザーに提供し、ユーザーはその静的な機能を利用するプロダクトである。その一例に miaLinkup<sup>14</sup>がある。miaLinkup は、車に搭載されている OBD port を通じて接続することで車に様々な機能を提供することが出来るデバイスである。これは、スマートフォンを操作することでドアロック、トランクの解錠、遠隔クラクションや遠隔でのライトの点灯及び消灯、遠隔エンジンスタートを可能にする。それに加えて、GPS 機能が搭載されているため、位置をトラッキングすることもできる、従って、その日に通った経路をあとで確認することができる。燃料、バッテリー残量をセンシングすることもできるので、スマートフォンのアプリからどの程度燃料やバッテリーが残っているのかを知ることにも可能である。miaAPI と名付けられた API を提供しているため、サードパーティーによるアプリ開発も出来る。車のためのプロダクトは他にもある。Raksha SafeDrive<sup>15</sup>は、衝撃予測と緊急時サービスを含む事故に特化したサービスを提供している。事故を起こしたときに自動的に友人や家族に通知

---

<sup>13</sup> Wio link - 3 steps. 5 minutes. build your IoT applications! by seeed — kickstarter Retrieved 8/30/2017, 2017, from [https://www.kickstarter.com/projects/seeed/wio-link-3-steps-5-minutes-build-your-iot-applicat?ref=nav\\_search](https://www.kickstarter.com/projects/seeed/wio-link-3-steps-5-minutes-build-your-iot-applicat?ref=nav_search)

<sup>14</sup> miaLinkup connects you with your car like never before Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.mialinkup.com/>

<sup>15</sup> Raksha SafeDrive - your safety companion on the go! by prasad pillai — kickstarter Retrieved 8/30/2017, 2017, from [https://www.kickstarter.com/projects/prasadbpillai/raksha-safedrive-indias-first-smart-road-safety-pl?ref=nav\\_search](https://www.kickstarter.com/projects/prasadbpillai/raksha-safedrive-indias-first-smart-road-safety-pl?ref=nav_search)

する。それに加えて、事故時のサポートや、運転アシストの機能も提供している。このデバイスは GPS を搭載しているため移動経路を把握することが出来る。車とは別の種類のプロダクトは、**Autonomous Cultivation Controller**<sup>16</sup>がある。ユーザーはスマートフォンアプリケーションを通じて植物の pH 濃度などのデータを確認することができる。それに加えて、そのアプリケーションから水を与える操作や pH 濃度をコントロールすることができる。

全体では、分類 1 が 64, 分類 2 が 61, 分類 3 が 13 個ずつあった。分類 2 のプロダクトは Wifi や Bluetooth や LoRa といったネットワーク機能により接続できるセンサーの集合であった。現在のプロダクトは、センサーやアクチュエーターを動作させるためのデバイスやソフトウェアを提供するために作られている。これらのプロダクトは、実世界の環境をセンシングしたり、実世界に対して作用するデバイスを多く含んでいる一方で、前述のような仮想性を導入したものは少ない。トップ 10 のなかのプロダクトでは、**Tittle X: The World's First Ultra Compact IoT Golf Simulator**<sup>17</sup>というプロダクトは仮想性を含んだプロダクトだった。これは仮想的にゴルフの練習をすることを可能にするデバイスとアプリケーションを提供している。ディスプレイにシミュレートされたゴルフ画面が表示されていて、このデバイスを装着したゴルフクラブをスイングすることでシミュレート内でどのように球が飛ぶのか、どのような角度でスイングしているのかを確認することが出来る。このプロダクトはデバイスを活用することで仮想世界にアクセスすることを可能にしている。しかし、こういったディスプレイを使うタイプのシミュレーターは没入感が低くなってしまうと示唆されている[28]。こういったプロダクトの仮想性をより高めていくためには、HMD などの AR や VR 技術を導入することが有効であると推測される。

---

<sup>16</sup> Autonomous cultivation controller w/ the track your tree app by IoT gardens, inc. — kickstarter Retrieved 8/30/2017, 2017, from <https://www.kickstarter.com/projects/iot-gardens/autonomous-cultivation-controller-w-the-track-your?ref=discovery>

<sup>17</sup> Tittle X: The World's first ultra compact IoT golf simulator by ULIKE CREATIVE inc. — kickstarter Retrieved 8/30/2017, 2017, from [https://www.kickstarter.com/projects/1601126475/tittle-x-the-worlds-first-ultra-affordable-golf-si?ref=nav\\_search](https://www.kickstarter.com/projects/1601126475/tittle-x-the-worlds-first-ultra-affordable-golf-si?ref=nav_search)



## 第2節 仮想性を内包するケーススタディ

本研究では、仮想性の分析のために3つのケーススタディを分析する。一つ目のケーススタディである **Virtual Aquarium** は、中島研究室の過去のケーススタディであり、研究室内でよく議論されているため、そのデザインコンセプトについて著者は詳細を知っている。二つ目の **HoloMoL**、3つ目の **Ambient Bot** は著者がデザイン、開発に携わっており、そのデザインプロセスを知っているケーススタディであるため、選択された。上記3つのケーススタディでは、仮想性を構成する要素をそれぞれ持っているとは推察されたため、本研究ではこれらの分析を通じてデザインスペースの次元を模索する。

### 第1項 Virtual Aquarium

ここでは、中島氏らが考案した **Virtual Aquarium** について言及する。**Virtual Aquarium** は洗面所の鏡の前にデバイスを設置して、ユーザーの歯磨きの習慣を改善するために開発された[30]。**Virtual Aquarium** では、ユーザーの歯磨きのアクティビティに応じて水槽内の魚が影響を受ける。このアプリケーションでは、**Cookie** という3次元加速度をセンシングできるワイヤレスセンサーデバイスを活用している[26]。これにより、ユーザーの歯ブラシの動きを認識することができる。加えて、イベント通知には **Protttoy** というコンテキスト取得フレームワークを活用している[25]。これらを組み合わせて、**Virtual Aquarium** アプリケーションは **Cookie** から取得したデータを **Protttoy** で認識して、フィードバックを行う。

センシングされた歯磨きのパターンの状況は、鏡の前に置かれたディスプレイに表示される。このプロトタイプにおける理想の歯磨きは、(1)ユーザーは一日最低2回歯を磨くこと、(2)一回の歯磨きを最低3分間行うこと、(3)確実に歯をきれいにするパターンを含んでいることの3つの要素を含むべきだとした。

この理想の状態と比較して、このアプリケーションは即時型フィードバックと蓄積型フィードバックの2種類のフィードバックを与えている。即時型フィードバックは、ユーザーが歯磨きをしている間に行われる。ユーザーが歯磨きを開始すると、**Virtual Aquarium** の壁はスポンジによって掃除され、魚は踊り始める。さらに、十分な時間歯磨きを続けると、スポンジと魚はよりエレガントに動く。スポンジと魚の動きはユーザーがより良い歯磨きを行うための示唆として機能するようにデザインされている。そして歯磨きをやめると魚は普段の動きに戻る。この一連の歯磨きのアクティビティに対するフィードバックを即時型フィードバックと呼ぶ。

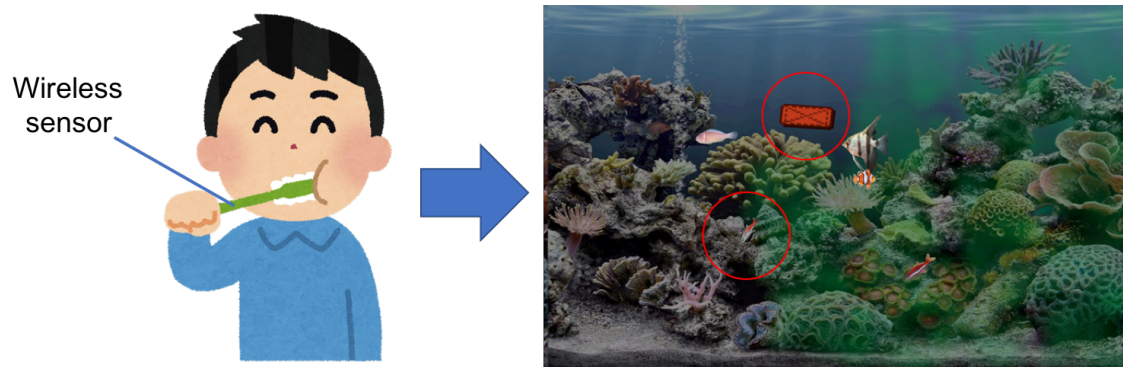


図 3-1 Virtual Aquarium の概要

一方の蓄積型フィードバックは、魚の健康状態によって表現される。魚の健康状態は、水槽がどの程度きれいに保たれているかによって決まる。ユーザーが十分に歯磨きをしていなかった場合、魚たちは病気になったり、死んでしまったりする。その一方で、ユーザーが継続的に歯磨きを行うと、水槽内に魚の卵が生まれることがある。この卵は一定の確率で孵化するものであり、さらにその孵化率は継続的な歯磨きによって高めることができる。この長期的なフィードバックをここでは蓄積型フィードバックと呼んでいる。

Virtual Aquarium のプロトタイプ作成後、彼らは歯磨きのパターンが改善されることに対する有効性を示すための評価実験を行った。この評価実験は以下のフローで行うようデザインされた。

1. 対象の家庭の個々の歯ブラシに **Cookie** を取り付け、普段通り生活してもらう。通常の生活での歯磨きの習慣の記録が完了した後、次のフェーズに移行する。
2. Virtual Aquarium を洗面所に導入し、引き続き記録をとる。パターンが一定の水準で安定した後、最終フェーズに移行する。
3. 設置した Virtual Aquarium のためのデバイスを撤去し、引き続き歯磨きの記録をとる。パターンが一定の水準に到達した後、データ収集を終了する。

この実験を通じて、彼らは歯磨きの記録からフィードバックがどの程度有効であったか、どの程度効果が持続するかを評価していく。

彼らは 8-12 日間で、3 つの家庭に対して実験を行った。Virtual Aquarium を導入する前は、すべての参加者の歯を磨いている時間は 3 分未満であった。しかし、Virtual Aquarium を導入し、それを撤去した後では被験者の大半が最初の測定よりも長く歯を磨いていた。

## 第2項 HoloMoL

HoloMoL は、Method of Loci (MoL) [43] を使った人間の記憶を拡張するための Microsoft HoloLens のアプリケーションである。MoL は、人が覚えておきたい情報を頭のなかで正確にイメージした建造物の中に配置して記憶する手法である[44]。この方法は、人間の記憶能力を向上させることができる。例えば、この方法を用いることで円周率をより長く記憶することができる。この技術は、空間記憶と連想記憶を組み合わせることで、記憶をより強固なものにしている。MoL を使うとき、人々は頭のなかにある建造物を内部まで正確に想像できる必要があります。例えば、建造物のレイアウト、部屋、家具、照明の種類、物の配置方法を正確に思い出すことが必須条件となる。脳内で空間を正確に想像できるようにするためには、訓練が必要である。

HoloMoL は、HoloLens が提供する AR 技術を応用して、現実世界で MoL を利用できるようにすることを可能にしている。これにより、トレーニングなしで MoL の手法を利用できるため、多くの人々がより多くの情報を覚えることができる。

HoloMoL は、AR 技術を用いて注視されたオブジェクトに対応する情報を表示することで、現実空間での MoL の利用を実現することを目指している。HoloMoL は、ユーザーが毎日の生活空間で使用できるため、MoL を利用するための「よく知られた場所」という条件を満たす。ユーザーが覚えておきたい情報を現実空間に配置できるようにすることで、オリジナルの MoL と同じように場所と情報を関連させて覚えることができる。プロトタイプでは、AR マーカーを現実空間に配置し、ユーザーがそのマーカーを見たときに覚たい情報が表示されるように実装された。このプロトタイプは、Unity と Vuforia を用いて開発された。Unity は現実空間上で 3D オブジェクトをレンダリングするプラットフォームとして利用され、Vuforia は AR マーカーを認識し、そのマーカーに対する情報を表示するために利用している。マーカーが認識されると、対応する情報が図 3-2 に示すように文字が表示される。

本研究では、場所と情報を関連付けるために HoloMoL をどのように利用するのかを調べる実験を行った。20 歳～23 歳の日本人大学生 6 名（男性 4 名、女性 2 名、平均年齢 21.7 歳）を対象に行われ、実験では「ボツワナ」のようなアフリカ 10 カ国を覚え



図 3-2 HoloMoL の概要

て思い出すことをタスクとして設定した。実験は配置フェーズ、記憶フェーズ、テストフェーズにわかれており、配置フェーズでは情報の配置、記憶フェーズでは配置した情報の記憶、テストフェーズでは用意されたテストを実施した。実験後、各参加者はインタビューを受け、短いアンケートに答えた。

インタビュー結果と参加者の行動を分析した結果、情報の配置パターンがあることがわかった。以下にその 3 種類を示す：

1. アソシエーションベース：このカテゴリーの参加者は、環境内にある物理的なオブジェクトと情報を関連付けて覚えた。例えば、参加者がニジェールについての記述を覚えなければならないとき、彼女はニジェールから水を連想した結果、彼女は水のボトルの近くに対応するマーカーを置いた。別の参加者は、記憶する対象の AR マーカーの画像が水のように見えるため、水に関連する場所を選択したとコメントした。
2. カテゴリーベース：このカテゴリーの参加者は、記憶すべき情報があるカテゴリーに分類し、同じカテゴリーの情報を近いところに配置した。例えば、ある参加者は、ある場所には記憶される国名に関する情報をまとめて配置し、別の場所に人口および人口統計情報をまとめて配置した。
3. シーケンスベース：このカテゴリーの参加者は、個人的に作成されたルールに基づいて情報を並べることによって情報を記憶した。例えば、参加者は、情報をアルファベット順にソートし、それを並べることですべての情報を記憶した。

これらの結果から、実空間に情報を入れる方法は複数存在することが示唆された。このように、デザイナーが予期せずにユーザーが行った行動は **Thoughtless Act** と呼ばれる[41]。この現象を分析することで、新たな情報システムについての知見を得ることができると言われている。

### 第3項 Ambient Bot

この節では、日常生活の活動を妨害することなくユーザーの周りに存在し続け、情報を提供するエージェントである **Ambient Bot** のインタクレーションの手法とビジュアルデザインについての議論をまとめる[17]。既存のソーシャルメディアはユーザーの注意をひくようなデザインをしており、認知負荷が多い[32]。そのため、簡単にかつアンビエントな情報提供を目指す。さらに **Ambient Bot** ではキャラクターを用いることで、ユーザーがキャラクターに親密感を感じ、その存在を認めると考えられる[38, 40]。

AR のオブジェクトとインタクレーションする手法はこれまで様々なものが提案されている。これらの手法は **Ambient Bot** に応用することは可能である一方で、**Ambient Bot** ではより手間のかからないアプローチであることが望まれる。それに加えて、**Ambient Bot** は公共の場にいる時や道を歩いている時でも情報にアクセスできる程度にアンビエントであることを目指す。これらの要求を満たすために、**Ambient Bot** ではアイコン

タクトによるインタクションを採用した[16]。この手法は、声やハンドジェスチャーと比較して、公共の場でのインタクションとして自然であると本研究では推察した。さらに、コントローラデバイスを使わないので、アクセスしたいときに簡単にアクセスすることができる。アイコンタクトによるインタクションは、複雑な入力をシステムに与えることはできない一方で、簡単かつ自然にインタクションを行うことができるというメリットがある。そして、アンビエントに情報を提供するために、エージェントはユーザーの視界の外へと自動的に移動する。し

たがって、ユーザーは普段は Ambient Bot の存在を強く意識することなく生活することができ、ユーザーは情報を必要だと感じた時だけ自分の周りを漂っているエージェントに目を合わせて情報を獲得することができる。

Ambient Bot は、ユーザーが目を合わせるためのアイコンを必要とする。このアイコンは、ユーザーの邪魔にならないような位置に浮遊しながら移動する特性を持っている必要がある。本研究では、この浮遊するアイコンをクラゲのキャラクターとしてデザインした（図 3-3）。このような情報を提供するエージェントキャラクターは、これまでにコンピューターとスマートフォンでも活用されてきており（イルカとか羊とか）、それに加えてアニメとゲームでも採用されているので、ユーザーにとって不自然ではないことが推察される。加えて、人間、犬、猫といった地上に存在する動物は浮遊しているという特徴に対して不適切であるために、本研究ではこのデザインを採用した。

### ***Push-based アプローチと Pull-based アプローチ***

人々が情報を取得するアプローチには、Push-based アプローチと Pull-based アプローチの 2 種類あると本研究では推察している。Pull-based アプローチではユーザーが自分の知りたい情報に能動的にアクセスし、Push-based アプローチでは、ユーザーは外界から情報をプッシュされてユーザーが情報を受け取る。Push-based アプローチは、単なる通知だけではなく、自分が思いもよらなかった情報を偶然受け取ることも含まれる。例えば、通りを歩いている時にたまたま目に入った広告から新しい家電に関する知識を得たりすることができる。こういった情報も人が外界からプッシュされた情報を獲得しているので、Push-based アプローチに分類される。

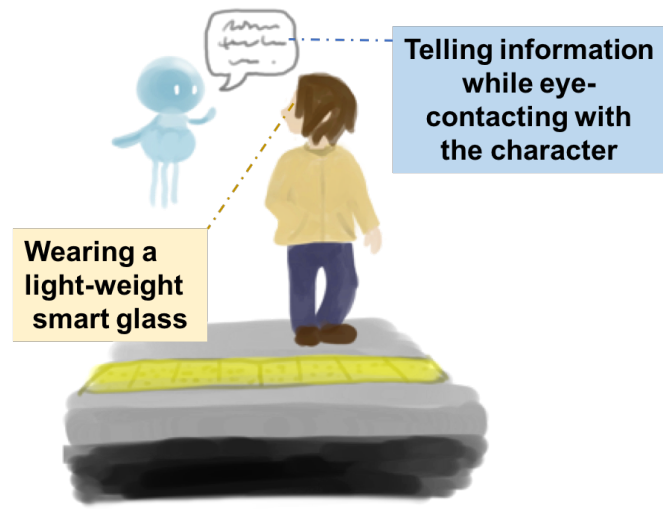


図 3-3 Ambient Bot のコンセプト図

この2つのアプローチは、2値ではなく、スペクトラムであると考えられる。天気予報アプリを起動することは、天気を知りたいという明確なターゲットを持って情報にアクセスしているため、ピュアな Pull-based アプローチに近い。その一方で、SNSを開くときは Pull-based アプローチの側面も Push-based アプローチの側面もある。SNSのタイムラインを開くときは明確に獲得したい情報があるわけではなく、ユーザーはフォロワーによりプッシュされた様々な情報を獲得する。このように、情報獲得は単純に pull と push に分けられるものではなく、情報獲得までにユーザーがどのような行動をとっているか、どのような情報を求めているかに応じたスペクトラムになっていると推察される。

本節では AR 技術を用いた情報提供を行うエージェントである Ambient Bot にこの Push-based アプローチを組み込むためにはどのようなデザインが良いかを議論する。これまでの情報システムにおける議論は液晶ディスプレイを介したインタラクションがメインであったが、他にもメガネ型デバイスをつかった Ambient な通知についての研究[9]やスマートフォンにおける通知手法についての研究がある[13]。本節では、将来の AR 環境における情報獲得のための Push-based アプローチに対するデザインを議論する。以下で Ambient Bot を使った Push-based アプローチと Pull-based アプローチについてのシナリオを紹介する。

サトシは 27 歳、東京にある会社で IT に関わる業務の担当として働いている。実家は京都にあり、今は一人暮らしをしている。釣りが趣味で、月に 2 回程度、週末に海釣りに出かける。

10 月のある日、彼はいつも通り朝 6 時に目を覚ました。洗面所まで顔を洗いにいき、メガネをかけた。このメガネはスマートグラスであり、様々な情報を提供してくれるツールということで、数年前から爆発的なヒットをした。その一方で、未だスマートフォンは根強い人気があり、たいいていの人はスマートグラスとスマートフォンを組み合わせ使っている。スマートグラスはディスプレイとしては優秀であるものの、入力方法が乏しい。そのため、細かい入力が必要とする作業にはスマートフォンが使われている。スマートグラスを彼がかけると、複数のキャラクターが現実世界に浮かんでいる。このアプリケーションは Ambient Bot であり、このキャラクターを介してニュース、天気予報といった情報の提供予定を含むいくつかの通知をユーザーは受け取ることができる。彼は、天気予報を伝えるキャラクターと目線を合わせる。そのキャラクターは「今日の気温は 16 度、昨日より少し冷えるでしょう。」と伝えた。彼は「それならばセーターを着て仕事に向かおう」と思った。

職場までは電車で移動する。彼は大抵電車のなかではニュースを見ることにしている。ニュースを提供するキャラクターと視線を合わせて、ニュースをゲットする。この日はベンチャー企業についての特集があり、彼はベンチャー企業で働くことは、楽しそうであると同時にタフな仕事であるなあと考えた。しかし、週末に釣りに行く暇さえあれば、ベンチャー企業も悪くないかもしれない、と彼は思った。



そして、職場に到着し、仕事を開始する。彼は集中しているので、仕事をしている間 **Ambient Bot** は使われない。午前の工作中に、彼が先週開発したシステムのバグが発覚し、その修正にとりかかっていた。結局、午前中ではその修正を完了することができず、昼の休憩の時間になった。昼食を終えてコーヒーを飲んで一服している時に、ふと **Ambient Bot** が視界に入ってきた。そのキャラクターは誰かがレコメンドした情報を教えてくれるキャラクターだった。そのキャラクターはある会社経営者のインタビューをまとめたもので、そこでその人は「問題にぶつかっているときは、大抵周りが見えないものです」と言っていた。サトシは、まさに今自分がその状態であったことに気がついた。その後仕事に戻り、その障害は彼の開発の問題ではなく、他の部門とまたがった問題であることを彼は発見した。

無事に問題は解決し、彼は職場を出た。いつも通り帰ろうとしていると、**Ambient Bot** のキャラクターが視界に割り込んできた。このキャラクターに目線を合わせると、それは「今日は 20 時からジムに行く予定です。」と伝えてきた。彼は仕事が忙しかったために今日ジムへ行こうと決めていたことをすっかり忘れて家に帰ろうとしていた。ジムに行く予定をおもいだした彼は、次の駅がちょうどジムへ向かう路線への乗り換え駅であったため、その駅で乗り変えて、ジムに向かった。

### **Pull-based** アプローチのための **Ambient Bot** のデザイン

このセクションでは、**Ambient Bot** を介した情報の **push** のためのデザインについての検討、評価、議論を行う。これまでの、**Ambient Bot** はアイコンタクトを使って情報取得するというコンセプトで開発された[1]。これはユーザーが能動的に情報を取得する **Pull-based** アプローチのアプリケーションである。これまでの **Ambient Bot** は **Pull-based** アプローチの能動的な情報取得についてのみ議論していた。この節では、受動的な情報取得である **Push-based** アプローチに **Ambient Bot** を応用できるかを議論していく。

本節ではこれまでのトラディショナルな通知を参考にして、**Ambient Bot** の通知方法を視覚と聴覚の軸で検討する。**Ambient Bot** は、自然でユーザーの認知力をできるだけ摩耗せずに情報提供することを目指しているので、**AR** 環境におけるアンビエントな通知を模索する必要がある。したがって、視覚的通知は、できるだけアンビエントさを高めるために文字を表示するのではなくその仮想キャラクターを意図的に視界に入れることによって、アンビエントな通知を実現するようにデザインした。一方の聴覚的通知は、どのようにしてアンビエント性を担保するかを検討する必要がある。

このアプローチを検討するために、**Ambient Bot** にプッシュ機能を持つキャラクターを追加した。システムが通知を行うとき、現実空間に通知用キャラクターを登場させる。登場するときはユーザーの視界の外に出現させることで、ユーザーの目の前に突然キャラクターが現れることを避けている。その後、そのキャラクターはユーザーの視界の中に移動してくる。その状態でユーザーがキャラクターとアイコンタクトをすると、システムからプッシュされる情報を受け取る事ができる。その後、そのキャラクターは視界の外に移動し、消える。次節ではこの通知デザインをベースとして、適

切な視覚的通知と聴覚的通知について議論する。

## 実装

プロトタイプはこれまでのシステムをベースにして、**HoloLens** 上で動くように実装された。ビジュアル通知においては、アイコンを出すか出さないかの二種類の比較を行う。アイコンは、キャラクターの上に出ており、キャラクターがどのような内容を通知しようとしているかを示している。音による通知の音は 6 種類用意した。トラディショナルな無機質な通知音と、キャラクターから出ていると思われるような音をそれぞれ 3 つずつと、音をださないという選択肢をユーザーに与えた。この音はキャラクターが現実空間に出現したときに鳴る。通知メッセージは、キャラクターによって読み上げられ、ユーザーはそのメッセージをウィンドウ上にテキストで表示するかどうかを選ぶことができる。

それに加えて、このバージョンの **Ambient Bot** にはジェスチャー認識の機能を追加した。**Ambient Bot** から情報をプルするときは、自分の意志で情報にアクセスするので、キャラクターを注視するデザインで十分であった。しかし、情報がユーザーにプッシュされるとき、ユーザーは別のタスクを実行中である可能性がある。そのとき、システムがユーザーにキャラクターを注視することを強いるのはユーザーにとって不快である可能性があると考えた。したがって、この **Ambient Bot** はメッセージの読み上げをキャンセルするための新しい入力が必要とする。本実装では、**Myo** というウェアラブルデバイスを使ってジェスチャーを新たな入力として使うことに決めた。このデバイスは、握りこぶし、ダブルタップなどの手のジェスチャーをシステムのための入力として使うことを可能にする。**Ambient Bot** において重要なことは、アンビエントかつナチュラルなインタラクションを持っていることと、このシステムを公共のスペースで気兼ねなく使えることである。このプロトタイプでは、ユーザーはダブルタップのジ

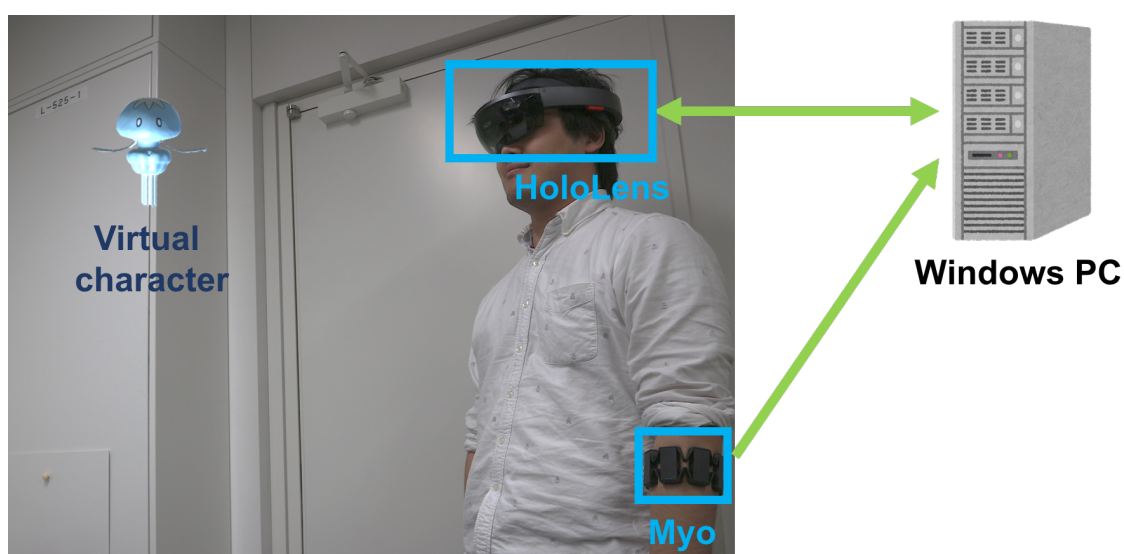


図 3-4 システムの概要



ジェスチャーで **Ambient Bot** の情報提供を中止させる事ができる。さらに、ユーザーは情報提供を受け取る前に、握りこぶしのジェスチャーを行うことでその通知をキャンセルすることができる。図 3-4 はプロトタイプの概要を示している。

## 実験と結果

図 3-5 は今回作成したプロトタイプのスクリーンショットである。この実験では、被験者は 3 つの典型的な通知である速報、メール、予定の通知に対して最適な表示モードの選択を行った。この実験のためのプロトタイプでは、1 つのコンテンツに対して一つのメッセージを設定した。それぞれのコンテンツに対して、被験者は通知音の設定、アイコンの有無、メッセージウィンドウの有無を選択する。メッセージウィンドウは、キャラクターが通知コンテンツを話すときに話す内容のウィンドウを表示するオブジェクトである。被験者は **unity editor** 上のプルダウンメニューから各オプションを選択した。その後、彼らにインタビューを実施し、オプションを選択した理由を質問した。今回の実験は 9 人の被験者に対して実施された。(男性 8 名、女性 1 名、平均年齢 22.7 歳)

表 3-1 は実験内で被験者が選択したモードを示す。まず、**Sound type** に対しては 8 人の被験者がすべての通知に対して音をつけた。被験者 D だけは速報のときに音なしを選択した。選択された音は各個人の好みに依存しているというコメントが多く見られ、そして高音を使う **sound1** はほとんどのユーザーに使用されなかった。通知音を追加していたことから、被験者たちにとってキャラクターが視界に入ることとは通知することによって不十分であった可能性がある。しかし、被験者 D は「速報は自分に必要ないかもしれないので、音を設定しない」と答えていた。それに加えて、被験者 D は、「AR 環境において、電子音による通知は不自然である。現在のスマートフォンの通知音が電子音でも自然と感じるのはそれがサイバー世界のものであるという暗黙的なものがあるからだ。AR 環境は現実世界に近いので、もっと現実に関わり込む音で通知してほしい」と解答した。今回用意された通知音は大半が電子音であったため、この

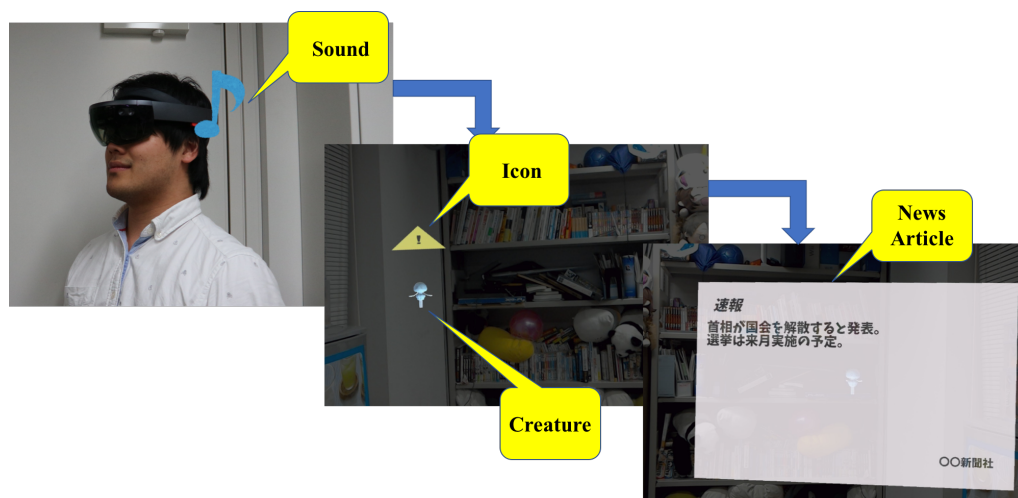


図 3-5 実装されたシステムのフロー

表 3-1 実験結果

participant		a	b	c	d	e	f	g	h	i
newsflash	sound type	4	2	2	none	6	6	3	2	6
	message window	off	on	off	on	on	on	on	on	on
	Icon	on	on	on	on	on	on	off	on	on
mail	sound type	4	3	5	5	2	3	4	5	4
	message window	on	on	on	on	on	on	on	on	on
	Icon	on	on	off	on	on	on	on	on	on
schedule	sound type	4	4	4	5	1	2	2	4	2
	message window	on	on	off	on	off	on	on	off	on
	Icon	on	on	off	on	on	on	on	on	on

被験者は選択に困窮した。

メッセージウィンドウは、コンテンツに依存して選択されていた。もちろん常にオンにしているユーザーもいた一方で、コンテンツに応じて表示するかどうかを変えたユーザーも多かった。メッセージウィンドウをオンにする理由は、音声のみでは聴き逃してしまうからという理由が最も多く、メッセージウィンドウのオフを選択した理由は、聴き逃しても問題ないコンテンツだからだった。

メールの通知に対しては、すべての被験者がメッセージウィンドウをオンにしていた。すべての被験者はメールの内容を聴き逃したくないと感じていたということがインタビューからわかった。更に、メールに対しては読み上げ機能がいないと答えたユーザーが数名いた。その理由としてあげられたのは、メールは普段から読むものであり誰かが読み上げてくれるものではないからだった。ユーザーは、これまでのサービスに使われてきたモダリティを自然だと感じるということが複数人のインタビュー結果からわかった。

アイコンは被験者 C を除いて、オンにしていた。アイコンを使うことで **Ambient Bot** が何の情報を提示してくれるかがわかるのでオンにしていたと被験者はコメントした。一方の被験者 C は、メッセージウィンドウを出していない時にのみアイコンを表示するようにしていた。彼は、「メッセージウィンドウが出てくる場合は、内容をクイックに読むことができるので、コンテンツの内容はそれで十分わかる。音声のみの場合は、なんのコンテンツなのかすぐにわかるためにアイコンを表示した。」とインタビューでコメントしていた。それを鑑みると、すべての被験者はその **Ambient Bot** がどんな内容を通知するのかを早い段階で知りたいと考えていたことがインタビューを通じてわかった。

## 議論

ユーザーに通知メッセージがあることを知らせるための手法として、今回は視覚的通知を聴覚的通知を活用して実験を実施した。その結果、通知音とアイコンは、既存の通知コンテンツに対してはほとんどのケースで使われた。アイコンを使うことで、**Ambient Bot** から情報を得る前にどのようなコンテンツを話すのか知ることができる

め、被験者たちはこれを好んで採用した。視界を邪魔しないサイズということもまたアイコンが採用された理由であった。ユーザーに対してシステムがプッシュすべき情報があるとき、それをユーザーに気づかせるためには音とアイコンを組み合わせることは有効であったと今回の結果から言える。ユーザーは、情報がプッシュされる前に通知音を聞くことで通知に対する準備を行うことができる。続いて、ユーザーはアイコンを見ることでどのタイプの情報が取得できるかを知ることができる。このプロセスを踏むことで、ユーザーはプッシュされる情報を予測することができ、その後ユーザーは違和感なく、自分が予測したタイプの情報を受け取ることができる。今回の3つの通知されるコンテンツは、ユーザーにとって必要と思われる傾向が高いものであったので、このプロセスを踏むことが好まれていたと推察している。

ユーザーが通知メッセージを受け取る時のモダリティは、既存のサービスに合わせてデザインするのがよいということがインタビューから示唆された。例えば、被験者B、C、Eは「メールに読み上げがあるのは不自然に感じた」とコメントした。メールは普段読むものであり、音声で聞くことは稀であるため、彼らはそう感じた。したがって、メッセージのモダリティにとってそれがこれまでどのモダリティで伝えられてきたかが重要であるということが示唆された。速報において、被験者A、Cは音声のみで情報を受け取っていた。特に、被験者Cは「速報はラジオ感覚で十分」とコメントしていた。速報は音声から入ってくるケースがあるため、彼らにとっては音だけでそれを聞くことは不自然ではなかったと推察している。したがって、コンテンツを提供するとき、サービスデザイナーは今までそれがどのモダリティで提供されてきたかを基準に検討すべきである。

メッセージウィンドウは短い時間で内容を確実に把握することができるメリットが有る一方で、AR環境におけるメッセージウィンドウは視界を邪魔するので、ユーザーに不快感を与えてしまう。被験者A、Bはウィンドウが日常生活の妨げになる可能性があることを指摘しており、通知メッセージをデザインするときには注意深く検討する必要がある。一方の音声は、日常生活の邪魔になることはない一方で、聴き逃しのリスクがあることを被験者A、F、G、Iが指摘していた。サービスをデザインするとき、デザイナーはこのトレードオフに注意する必要があるということがわかった。

そして、実験の最後に行ったインタラクションに関するインタビューでは、全員がジェスチャーを用いたインタラクションは良いものであったと回答した。被験者Bは「視線をシステムにあわせ続けることは、私の視線をシステムにコントロールされていると感じた。今回のシステムは、自分でシステムをコントロールすることができている感覚があったので、こちらのほうが好みだった」とコメントした。さらに、被験者E、Gは通知を受け取る時も視線ではなくジェスチャーを使うほうが好ましいと答えていた。視線によるインタラクションより、Myoを用いたジェスチャーを介したインタラクションのほうが彼らにとって簡単であったことが示唆された。目線を使わないとなると、プッシュのアプローチにはキャラクターすら必要ない可能性がある。一方で、インタビューで被験者B、Eは「キャラクターが喋り終わった後にお辞儀をして

ほしい」とコメントしており、キャラクター性を感じていた。キャラクター性がユーザーにシステム使用に対するモチベーションにつながっている可能性もあるため、ジェスチャーのみによるキャラクターなしの情報取得と、キャラクターを介した情報のプッシュは今後比較していく必要がある。

## 第4章 仮想性を含む IoT サービスのためのデザインスペースの導出

### 第1節 第一次元：デバイス分類

この章では、IoT に関する Survey と仮想性に対するケーススタディから仮想性を導入するためのデザインスペースの提示を行う。デザインスペースの一つ目の次元は、デバイス分類である。IoT サービスは Static IoT と Customizable IoT に分かれているということが 3.1 節より判明している。ソフトウェアプラットフォームは IoT プロダクトの分類として適切ではないので除外する。

### 第2節 第二次元：物理オブジェクト依存度

我々は 3.2 節で紹介したケーススタディをもとに仮想性を含むサービスデザインに於ける次元を抽出する。上記のケーススタディにおいて、物理世界との依存関係がアプリケーションごとに異なっていることに着目した。Virtual Aquarium は物理ディスプレイを用いて仮想世界を表現し、ユーザーに歯磨きを促した。このアプリケーションによって歯磨きを促進することができた一方で、このアプリケーションには大きな物理的制約がある。それは物理ディスプレイを使っているということである。物理ディスプレイを使っているアプリケーションは、ユーザーたちが他の HMD やスマートグラスデバイスを一切使用せずに仮想世界を見ることができると一方で、その場所にディスプレイがないと仮想世界を感じる事ができないという制限が存在する。物理ディスプレイは置く場所が必要になるかつ、物理ディスプレイは固定された場所でしかそのアプリケーションを使用できない。例えば、外泊しているときにユーザーは Virtual Aquarium を見ることはできない。これはプロジェクターを使う AR 技術も同じ問題を抱えている。

HoloMoL では、HoloLens さえつけていればどこでもアプリケーションの見せる世界やオブジェクトを見ることができる。そのため、HoloMoL には Virtual Aquarium のようなデバイスに依存した物理的制約は存在しない。しかし HoloMoL も物理的制約を持っている。それはこのアプリケーションが現実世界の場所に関連したオブジェクトを表示することで現実世界を拡張しているという部分に由来する。このアプリケーションは現実の空間やオブジェクトに覚えたいものを関連させて情報を記憶させている。現実空間を HoloLens を使って拡張するというのがこのアプリケーションの基礎的な部分であるため、このアプリケーションは拡張する対象となる物理空間に依存しているという制限が存在する。たとえば、自分の家に覚えたい情報を配置した場合、外出中にその情報を覚える作業をしたいと思ってもそれは不可能なのだ。

Ambient Bot はさらにその制約もないアプリケーションである。どんな場所でも HMD や、スマートグラスさえ装着していれば仮想キャラクターが情報を提供してくれる。

しかし、**Ambient Bot** にも制約は存在している。それはリアリティの制約である。様々な仮想オブジェクトを見せることによって現実世界にしながら仮想世界のコンテキストを構築することができる一方で、その仮想コンテキストが現実からかけ離れてしまうことでリアリティのないものに感じられてしまう可能性があることに注意すべきである。

我々はこの次元を物理オブジェクト依存度と名付けた。以下でそれをまとめる。

## 第1項 物理オブジェクト依存度：高

物理デバイスを用いて表示する。このカテゴリーのサービスは基本的に固定されたディスプレイを使うので、コンテキストがわかりやすい場所にデプロイする必要がある。たとえば、トイレや風呂など、そこでの活動が限られるものに対してサービスを提供することに優位である。他の例では、**augmented go** というプロジェクトでは、プロジェクターを使って囲碁の対局をサポートすることや、過去の対局を表示して鍛錬する機能を提供していた[23]。これまで、ディスプレイやプロジェクターを用いて現実を拡張する取り組みも行われてきている[39]。

## 第2項 物理オブジェクト依存度：中

スマートグラスやシースルーHMDを使って、物理空間に応じて仮想オブジェクトを表示する。この依存度では、物理世界内に仮想オブジェクトを配置して、それによって仮想世界の一端をシームレスに導入している。近い将来、**HoloLens** のようなデバイスを日常的に装着するのが当たり前となったときにはこのようなサービスは多く見られるようになるかと推察される。こういったサービスをデザインするうえでは、視界が仮想オブジェクトで情報過多にならないようなデザインにするためにはどうしたら良いかという点や、仮想オブジェクトとどのようにインタラクションするかといった議論もすべきである。

## 第3項 物理オブジェクト依存度：低

スマートグラスやシースルーHMDを使って、物理空間に依存せず仮想オブジェクトを表示する。**Ambient Bot** は、現実のオブジェクトとは紐付けせずに、仮想エージェントを表示しており、現実世界にいない生物やキャラクターを表示させてエージェントのように振る舞わせて、情報を提供することを可能にしている。一方で、現実世界に仮想オブジェクトが浮かび上がることに對し、不自然さをなくすということが乗り越えるべき課題である。**Ambient Bot** では、キャラクターデザインの側面からこの課題にアプローチしていた。リアリティのデザインをうまくやらなければ、その仮想オブジェクトに対して人を納得させることができなくなり、そのサービスが意味のないものになってしまうことに、デザイナーは注意しなければならない。

## 第3節 フォーカスグループ

上記の2つの次元をベースとして、我々は仮想性を含むIoTサービスのアイデアを収集するフォーカスグループを行った。参加者は10名の日本人大学生であった（男性8名、女性2名、平均22.3歳）。このフォーカスグループでは、参加者はキックスターターで提案されている既存のプロダクトに仮想性を付与するというテーマで議論した。各グループの人数は3-4人で構成された。以下に手順を示す。

1. 参加者に対し、デバイス分類及び物理オブジェクト依存度について合計約30分の詳細な説明を行った。
2. 約10分間、今回のフォーカスグループの説明を行った。このフォーカスグループは、参加者はキックスターターで提案されている2つのIoTプロダクトに対する仮想性の付与を議論するものである。その2つのうちの1つはStatic IoTであり、もう1つはCustomizable IoTである。このフォーカスグループの目標は、参加者はそれぞれのIoTプロダクトに対し、物理オブジェクト依存度を考慮したプロダクトを提案することである。したがって、各グループは2つのIoTプロダクトに対し最低3つのアイデアを出すことを推奨された。
3. 参加者は議論を開始した。参加者が物理オブジェクト依存度についての疑問がある場合は著者に質問することを許されていた。
4. 2つのIoTプロダクトに対して議論が終了したとき、フォーカスグループは終了した。

得られた結果を表4-1としてまとめる。このデザインスペースをベースとしてサービスをデザインすることは可能だったことがフォーカスグループを通じて示唆された。提案されたプロダクトにはプロダクトの機能がより洗練されていたり、価値のある機能が追加されていたりしていた。それに加え、物理オブジェクト依存度に基づいた議論から参加者たちは複数の側面から仮想性を検討しており、その結果、一つのプロダクトに対して様々な角度から仮想性の付与を提案することができた。サービスをデザインする上で様々な角度からの検討は必要不可欠であり、このデザインスペースはプロダクトの提供すべき仮想性を多角的に議論するツールとして機能していたことが今回のフォーカスグループによって示唆された。

このフォーカスグループでは仮想性についてより深い知見が見られた。現在のデザインスペースでは、仮想性を物理空間への依存に着目しているが、仮想性には他の軸の分類があるかもしれない。ここまで、仮想性は感じられないものを感じられるようにしている性質としてあつかってきたが、それも単一のものではなく、以下の2種類の分類がフォーカスグループで提案されていたことに我々は気がついた。

## 1) 情報の可視化

情報の可視化は、グループ B が Static IoT の物理オブジェクト依存度中や、グループ A が Customizable IoT の物理オブジェクト依存度中で提案した電流が可視化されるといったユーザーが知りたい情報を表示するようなプロダクトである。このタイプのプロダクトは、情報をユーザーに見えるように提示することで、直感的にその情報をユーザーが理解することができる。

## 2) メタファの導入

メタファの導入は、メタファを用いることで、オリジナルの情報をユーザーにとって意味のあるものやわかりやすい物に変換している。今回のフォーカスグループでは、ゲーミフィケーションのようなゲームのメタファを導入することでプロダクトを拡張するというアイデアが見られた。Brixi についてはゲームのメタファを取り入れることで、教育効果をより高められるというアイデアがグループ A、B 共に見られた。

表 4-1 フォーカスグループの結果

		Visualizing Level		
		0	1	2
Group A	Static IoT (miaLinkup)	After the user performs eco-driving, he can check from the smartphone app that the island in the virtual world becomes beautiful	By using HUD or HMD, signs and pedestrians hidden in the building are sensed and displayed.	Navigation characters guide the user on HUD.
	Customizable IoT (Brixi)	Providing a game that combines given modules to complete the target circuit and using it to study circuits.	Showing electronic current/ Creating a game stage with the blocks that is inspired by Mario Maker.	Objects created with blocks can be used in the virtual world as avatars.
Group B	Static IoT (miaLinkup)	Using HUD to replace conventional navigation/ Showing how much you are driving on the front passenger side.	Detecting the flow of the surrounding car and telling it to the driver/ Showing the weather of the destination by overlaying his view/ The window of the rear seat displays the beautiful scenery	Displaying movies outside the rear seat window/ Displaying books and movies to non-drivers who do not experience car sickness
	Customizable IoT (Brixi)	Writing a line in the figure displayed on the display and reflecting the result in the physical world/ Providing a puzzle game/ Using block as UI	Displaying a completed circuit as a hint	None. It is hard to tie this product with Level 2 because it is bound to the physical world if it uses physical blocks.
Group C	Static IoT (Raksha SafeDrive)	An agent in the screen calls out when an accident happens and uses a touch screen to confirm the consciousness (to determine whether consciousness is interrupted)/ Displaying the accident map on a HUD.	Displaying vehicles hidden behind the scenes through HUD/ Overlaying the colors so that they can be recognized as young drivers and high accident rate in the car/ Showing road hazards to encourage drivers to slow down.	If the driver speeds, encouraging careful driving by inserting a virtual high-end Mercedes-Benz car in front of him/ Displaying a guide in front/ Displaying a virtual character that will speak from the front passenger's side to encourage relaxation.
	Customizable IoT (MODI)	In order to prevent losing the modules, showing where the module is in the room in the application.	As people can see where the IoT device was installed, highlighting the location of the IoT device/ Making the electronic currents visible for debugging	A virtual person demonstrates how to use the block for the introduction of MODI/ Simulating by combining virtual modules. If the user can create something good, then he can buy the modules like e-shop.



## 第4節 第三次元：情報変換度

### 第1項 導出

この結果から、我々はデザインスペースにもう一つの情報変換度という新たな次元を与えることにした。情報変換度が低い状態ではオリジナルの情報を可視化するために仮想技術を用いる。情報変換度が高い状態では、メタファを用いてその情報を変換している。用いられるメタファの中に更に分類が存在していると本研究では予測したため、これまでのケーススタディ及びフォーカスグループで得られた結果を再度分析した。

ケーススタディで情報変換度が高いのは **Virtual Aquarium** と **Ambient Bot** である。この2つが提供する仮想性は、違いがある。**Virtual Aquarium** は水槽という仮想世界をユーザーに示し、ユーザーのアクティビティに応じて仮想世界が変化するというものである。**Virtual Aquarium** には、ユーザーが歯磨きをすると水槽がきれいになるというメタファが埋め込まれている。仮想世界の世界観をユーザーに示すことでユーザーの行動を促すことが可能である。同様に、**Group A** が提案した島がきれいになるというものも同様に世界観を通じて仮想的に与えるタイプであるといえる。一方の **ambient bot** では、仮想キャラクターを使うことで仮想性を付与している。他にも **Group A** の **Static-visualizing level 3** で提案されたナビゲーションキャラクターと **Group C** の **Static-visualizing level 3** で提案された助手席で話をしてくれるキャラクターと **Group C** の **Customizable-visualizing level 3** のブロックの使い方を仮想の人が実演してくれるアプリケーションは **ambient bot** と同じように仮想キャラクターを使っているため、同じカテゴリーに分類される。この2つの要素に加えて **Group A** の **Customizable-visualizing level 1** で提案されたようなゲームメカニズムを付与するカテゴリーがある。ゲーム性という実際には存在していないコンテキストや価値を与えることでユーザーの振る舞いを変える事ができる。これは一般的にゲーミフィケーションと言われるものと同じもので、ゲーム性という仮想的な要素を追加しているため、一つのカテゴリーとして扱う。

導出された3つの要素を以下に示す。

- 1) 世界観：与えられた仮想コンテキストがどういう前提のなかで、どういう価値観の世界かを定義する。それは時に物語のように重厚である必要もあるが、深い設定は必要でない場合も多い。例えば、**virtual aquarium** では水槽という世界が定義されていて、それを綺麗に保つことが重要であるという世界観がある。**ambient bot** では、情報を教えてくれるクラゲがいる、というシンプルな世界観を提供している。
- 2) キャラクター性：仮想キャラクターにより仮想性を付与することは可能である。

キャラクターを使うことで仮想性を与え、様々な方向へとプロダクトを拡張することができる。仮想キャラを登場させることで、ユーザーの行動を変えたり、説得するためのレトリックとして活用できる。仮想キャラクターが登場するという世界観を提供しているとも言えるが、ここではこれをひとつのジャンルとして設定する。

- 3) ゲームメカニズム：ゲーミフィケーションも仮想性付与の一種である。ゲーム性という現実世界にはないコンテキストを導入することによりそのサービスをより積極的に利用したり、行動を促すことが可能になる。

メタファの区別は、データの表現方法の違いとして捉えることもできる。たとえば、情報変換度「低」のときはセンサーから得られたデータをダッシュボードのように表示する。物理オブジェクト依存度に応じて、「低」であればディスプレイに表示し、「中」であれば壁をディスプレイとして見立てて情報を表示し、「高」であれば空間上に仮想ディスプレイを出現させてダッシュボードを見ることが出来る。情報変換度「高」のときは、そのデータの表現方法が仮想的なコンテキストに則った形式で表現される。それは *virtual aquarium* のように仮想世界を与えてその状態に IoT で取得したデータを反映させたり、仮想キャラを登場させて、データが閾値を超えたら何か報告をしてくる、といったものも可能になる。

## 第2項 フォーカスグループとその考察

プロダクトをデザインする上では、これらの次元を踏まえて、自分が実現したいと考えているプロダクトにはどのような仮想性の付与の方法が良いのかを検討する必要がある。このデザインスペースを元にして議論を進めることで、拡張の方法が明確になることが期待できる。このデザインスペースをもう一度評価するためにさらなる *focus group* を行った。前回のフォーカスグループに参加した4人の参加者がもう一度議論を行った。フォーカスグループのフローは前回のもと同様のものであり、今回のフォーカスグループでは情報変換度について主に議論した。議論の結果を表4-2にまとめる。3つの次元を持つデザインスペースは製品のデザインのベースとなることができる。プロダクトやサービスをデザインする上でそのコンセプトが決まっていれば、

表 4-2 第二回フォーカスグループの結果

	Virtuality Level	
	0	1
Static IoT (Autonomous Cultivation Controller)	Since the provided functions already achieved visualization of information, virtualization can be advanced by changing the Visualizing Level.	Adapting the idea of Virtual Aquarium to this / Customizing the character of the plant according to the user's preference and changing the state of the character according to the state of the plant/ Adding elements of gamification according to the result of pH level and watering timing.
Customizable IoT (Arduino)	When the user implements the function to visualize the data obtained from the sensor using a module to show a dashboard, he can display information virtually by designing Visualizing Level appropriately.	A fairy is in the module of Arduino, and she has preferences which modules she like. It also contains the virtual character and may include the world view why she exists. The user can know the her world using Arduino modules adequately.

デザインスペースから必要な要素を検討して取り入れることで仮想性の付与を可能にした。これは前述のフォーカスグループで提案されたプロダクトからもわかるように、デザインスペースをベースに議論することは可能であった。今回は議論を円滑に行うために既存の IoT プロダクトを起点として議論をしてもらうことで提案するプロダクトのコンセプトを明確化していた。

議論を観察した結果からは、**Static IoT** である方がより仮想性の追加は容易であることがわかった。仮想性を導入するということは、感じられない何かを感じられるようにしたり、そこにはないものをあるかのように振る舞わせることであるから、サービスデザイナーは仮想性を通じて何を感じられるようにするのかを考える必要がある。つまり、サービスに仮想性を付与するためには、サービスはそれを取り入れるための目的を持っている必要がある。**Static IoT** は、そのサービスと機能が固定化されており、そのプロダクトの目的が明確になっているので、仮想性付与の議論を参加者が行うことは容易であったと推察している。一方の **Customizable IoT** は、ユーザーが自分の実現したい機能をモジュールを組み合わせたリそれをプログラミングすることで作り上げるので、そこに仮想性を導入しようとする、何をどのように表示するのかをプロダクト側で考えなければならなくなり、そのプロダクトの汎用性を損ねてしまう可能性がある。ここで示唆されることは、仮想性を付与したプロダクトやサービスを提案するのではなく、ユーザーが仮想性を付与するためのツールやフレームワークを提供することができればその汎用性を下げることなく **Customizable IoT** に仮想性を付与できるということである。

キャラクター性についてはフォーカスグループの中で議論されていた。参加者たちは「ゲームのようにキャラクターメイクをできるようにする必要がある。例えば性格や見た目も簡単にカスタマイズできた方が良い。しかし、全てをカスタマイズしてしまつては、完全に自分の思い通りの挙動を行うキャラクターになってしまう。人は少し意外なイベントが起こることに楽しさを感じる傾向がある。そのため、ユーザーによって挙動までもが定義されたキャラクターと何かインタラクションを行うことは楽しさには繋がらないであろう、それは意外性がないからである。カスタマイズ性はもしかするとそういったインタラクティブリティとトレードオフになっているのかもしれない。」と述べた。つまり、デザイナーはユーザーの好みに適応するためのカスタマイズ性とキャラクターとインタラクションした時の意外性のトレードオフを念頭に置いてデザインする必要があることが示唆されている。これは特に、**Customizable IoT** のプロダクトをデザインする上ではクリティカルな問題である。カスタマイズ可能であるプロダクトは仮想キャラクターもカスタマイズできるように実装しても、それがユーザー体験を改善することに繋がらないかもしれない。

参加者は「キャラクター性の付与はフォーマルなシチュエーションには不適である可能性がある。例えば、事故などの緊急事態が生じている場合には直接情報を与えてくれる情報変換度「低」の方が適している」という指摘をした。**Ring** らは用途に応じた仮想エージェントのキャラクターデザインのガイドラインを示しており [37]、シチュエ

ーションに応じてどのようなメタファを用いるのが適しているのかを示すガイドラインの作成は今後の将来課題として残っている。

## 第5章 将来課題：コミュニティのための仮想性

HMD やスマートグラスといった仮想オブジェクトを表示できる個人向けディスプレイが現在のスマートフォンのように普及したときに、想定される仮想性を導入したサービス及びプロダクトのデザインスペースの定義をここまでの議論で我々が行ってきた。これからより仮想性による現実の拡張が進んだ先には何があるのかをここでは議論する。これまでの仮想性は個人にフォーカスしていた。個人に仮想的なコンテキストを与えて現実を拡張するものはこれまで紹介してきたとおり多くある一方で、その仮想コンテキストを集団に与える取り組みは多くない。多くの社会問題を解決するためには社会全体の協調が必要になる。それを支援するために仮想性を活用することは、十分に有効であると予測できる。たとえば、複数の人を巻き込んだタイプのゲーミフィケーションを使うことでタンパク質の構造を解明した **Foldit** が例としてあげられる。しかしこれは集団に仮想性を導入したのではなく、各個人がそれを面白いとおもうことによって成り立っていた。ゲーミフィケーションの問題点は、そういったゲーマーに対してしかモチベーションを高めることが出来ない点にある。それに加えて、ゲーマーには様々なタイプが居ることが知られていて、バートルテストというもので自分のタイプを診断することも出来る[5]。つまり、ユーザーごとに異なる好みを持っているので、そのすべての好みを満足させるゲームを作成することは困難である。これは高いレベルの仮想性の付与についても同様の議論だと考えている。つまり、あらゆる人に対してリアリティを感じさせるような仮想性のデザインも容易ではないということが示唆される。

そこで、次のステップは仮想性をコミュニティ単位で与えることだと我々は考えている。多種多様な人が与えられた仮想性を信じることは難しくても、同じ空間や時間や文化を共有している同一コミュニティ内の人々に対しては仮想性を信頼することが出来るかもしれない。今回提案された個人レベルでの仮想性デザインの知見を活かし、コミュニティに与える仮想性のデザインはどのようなものが適しているかを今後は議論していくことで、仮想性による現実世界の拡張はより一層拡大させることが出来る。そこから段階的により大きなコミュニティ、最後は社会レベルまで発展させていくことにつながるかもしれない。

そうして実現された社会は、人々が暗黙的にも明示的にも現実世界とリンクした仮想世界とふれあい、その仮想世界を他の人と共有することができるだろう。その本質は、人が作り出した世界である仮想世界と自然が作り出した現実世界が相互に協調し、人の生活を変えていくことである。これまでも、人は仮想性を信じることで発展を続けてきた。宗教的と貨幣、社会も実体のない仮想的なものである。仮想的なものを情報技術を活用することで没入感を与え、より多様な仮想性を現実世界に導入できたら、我々の生活や価値観は大きく変わっていくだろう。

## 第6章 結論

本研究では、物理的制約に囚われずある機能を実現する性質である「仮想性」に着目し、それを内包するサービスデザインを議論するためのデザインスペースについて議論を進めた。Kickstarter の分析、Virtual Aquarium、HoloMoL、Ambient Bot の3つの仮想性についての分析、フォーカスグループを通じてデザインスペースの3つの次元を得た。一つ目はデバイス分類、二つ目は物理オブジェクト依存度、三つ目は情報変換度であった。デバイス分類では、IoT のプロダクトが Static IoT と Customizable IoT に分類されることを明らかにした。物理オブジェクト依存度では、提供される仮想性がどの程度物理世界に依存しているかを議論する次元として機能することが期待される。情報変換度は、人々に情報を提示する際にメタファを用いて情報を提示するかを議論するための次元であり、利用されるメタファの例としては、世界観、キャラクター、ゲーム要素などが挙げられた。

仮想化がより広く浸透し、近い将来、実際に現実社会に仮想性を導入することが可能であれば、仮想性は人間の行動を変える可能性があるため、新たな社会問題の解決に利用できる可能性がある。次のステップは、小規模コミュニティに対する仮想性の導入について議論することである。個人からコミュニティへ、コミュニティから社会へと仮想性を導入できる幅が広がっていくことを目標にして、仮想性についての議論を深めていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1]. Akasaki, H., Gushima, K., & Nakajima, T. (2018). Providing daily casual information through eye contact with emotional creatures. The 6th International Conference on Distributed, Ambient and Pervasive Interactions.
- [2]. Allan, S., & Gilbert, P. (1995). A social comparison scale: Psychometric properties and relationship to psychopathology. *Personality and Individual Differences*, 19(3), 293-299.
- [3]. Althoff, T., White, W. R., & Horvitz, E. (2016). Influence of pok'emon go on physical activity: Study and implications. *J Med Internet Res*, 18(12), e315.
- [4]. Atsali, G., Panagiotakis, S., Markakis, E., Mastorakis, G., Mavromoustakis, C. X., Pallis, E., et al. (2017). A mixed reality 3D system for the integration of X3DoM graphics with real-time IoT data. *Multimedia Tools and Applications*,
- [5]. Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of MUD Research*, 1(1), 19.
- [6]. Billinghamurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001). MagicBook: Transitioning between reality and virtuality. *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Seattle, Washington. pp. 25-26.
- [7]. Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *System Sciences*, 1992. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on, , 2. pp. 659-669.
- [8]. Cook, D. J., Youngblood, M., Heierman, E. O., Gopalratnam, K., Rao, S., Litvin, A., et al. (2003). MavHome: An agent-based smart home. *Pervasive Computing and Communications*, 2003.(PerCom 2003). Proceedings of the First IEEE International Conference on, pp. 521-524.
- [9]. Costanza, E., Inverso, S. A., Pavlov, E., Allen, R., & Maes, P. (2006). Eye-q: Eyeglass peripheral display for subtle intimate notifications. *Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, Helsinki, Finland. pp. 211-218.
- [10]. Daley, R. C., & Dennis, J. B. (1968). Virtual memory, processes, and sharing in MULTICS. *Commun.ACM*, 11(5), 306-312.
- [11]. da Silva Cameirão, M., Bermúdez i Badia, S., Duarte, E., & Verschure, P. F. (2011). Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 29(5), 287-298.
- [12]. Das, A. K. (2017). A secure and effective biometric - based user authentication scheme

for wireless sensor networks using smart card and fuzzy extractor. *International Journal of Communication Systems*, 30(1)

- [13]. Elslander, J., & Tanaka, K. (2013). A notification-centric mobile interaction survey and framework. In A. Jatowt, et al. (Eds.), *Social informatics: 5th international conference, SocInfo 2013, kyoto, japan, november 25-27, 2013, proceedings* (pp. 443-456). Cham: Springer International Publishing.
- [14]. Fischer, E., & Haines, R. F. (1980). Cognitive issues in head-up displays.
- [15]. Fisher, S. S., McGreevy, M., Humphries, J., & Robinett, W. (1987). Virtual environment display system. *Proceedings of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics*, Chapel Hill, North Carolina, USA. pp. 77-87.
- [16]. Gushima Kota, Akasaki Hina, & Nakajima Tatsuo. (2017). Ambient bot: Delivering daily casual information through eye contact with an intimate virtual creature. *The 21st International Academic Mindtrek Conference*, Tampere, Finland. pp. 231-234.
- [17]. Gushima Kota, Akasaki Hina, & Nakajima Tatsuo. (2018). A Novel Interaction Design Approach for Accessing Daily Casual Information through a Virtual Creature. *The 6th International Conference on Distributed, Ambient and Pervasive Interactions (DAPI 2018)*, Las Vegas, America. In publish.
- [18]. Heng, S. (2014). Industry 4.0: Huge potential for value creation waiting to be tapped. Deutsche Bank Research,
- [19]. Hock, P., Benedikter, S., Gugenheimer, J., & Rukzio, E. (2017). CarVR: Enabling in-car virtual reality entertainment. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Denver, Colorado, USA. pp. 4034-4044.
- [20]. Holmgren, D. (1992). Design and construction of a 30-degree see-through head-mounted-display. *UNC Chapel Hill Department of Computer Science Technical Report TR*, , 92-030.
- [21]. Inaizumi, R. (2017, The era of farming from your office has come. *Forbes Japan*, 38, 50-53.
- [22]. Ip, H. H. S., Wong, S. W. L., Chan, D. F. Y., Byrne, J., Li, C., Yuan, V. S. N., et al. (2016). Virtual reality enabled training for social adaptation in inclusive education settings for school-aged children with autism spectrum disorder (ASD). In S. K. S. Cheung, L. Kwok, J. Shang, A. Wang & R. Kwan (Eds.), *Blended learning: Aligning theory with practices : 9th international conference, ICBL 2016, beijing, china, july 19-21, 2016, proceedings* (pp. 94-102). Cham: Springer International Publishing.
- [23]. Iwata, T., Yamabe, T., & Nakajima, T. (2011). Augmented reality go: Extending traditional game play with interactive self-learning support. *Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA)*, 2011 IEEE 17th International Conference on, , 1. pp. 105-114.



- [24]. Jansen, B. J. (1998). The graphical user interface. *ACM SIGCHI Bulletin*, 30(2), 22-26.
- [25]. Kawsar, F., Fujinami, K., & Nakajima, T. (2005). Prottoy: A middleware for sentient environment. *Euc*, pp. 1165-1176.
- [26]. Kimura, H., Tokunaga, E., Okuda, Y., & Nakajima, T. (2006). CookieFlavors: Easy building blocks for wireless tangible input. *CHI'06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 965-970.
- [27]. Ktena, S. I., Abbott, W., & Faisal, A. A. (2015). A virtual reality platform for safe evaluation and training of natural gaze-based wheelchair driving. *2015 7th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering (NER)*, pp. 236-239.
- [28]. Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- [29]. Miyashita, T., Meier, P., Tachikawa, T., Orlic, S., Eble, T., Scholz, V., et al. (2008). An augmented reality museum guide. *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp. 103-106.
- [30]. Nakajima, T., Lehdonvirta, V., Tokunaga, E., & Kimura, H. (2008). Reflecting human behavior to motivate desirable lifestyle. *Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems*, Cape Town, South Africa. pp. 405-414.
- [31]. NTT コム リサーチ、(2007) 進化する携帯電話、Available online: <http://research.nttcoms.com/database/data/000603/>, (accessed on 23th January 2018, in Japanese)
- [32]. Okoshi, T., Tsubouchi, K., Taji, M., Ichikawa, T., & Tokuda, H. (2017). Attention and engagement-awareness in the wild: A large-scale study with adaptive notifications. *Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2017 IEEE International Conference on*, pp. 100-110.
- [33]. Pirbhulal, S., Zhang, H., E Alahi, M. E., Ghayvat, H., Mukhopadhyay, S. C., Zhang, Y., et al. (2017). A novel secure IoT-based smart home automation system using a wireless sensor network. *Sensors*, 17(1; BER = {69)
- [34]. Pokric, B., Krco, S., Drajić, D., Pokric, M., Rajs, V., Mihajlovic, Z., et al. (2015). Augmented reality enabled IoT services for environmental monitoring utilising serious gaming concept. *Jowua*, 6(1), 37-55.
- [35]. Popović, T., Latinović, N., Pešić, A., Zečević, Ž., Krstajić, B., & Djukanović, S. (2017). Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.008>
- [36]. Qian, Z., Wu, K., & Bi, Z. (2016). The wireless sensor network of the family environment

monitoring system research.

- [37]. Ring, L., Utami, D., & Bickmore, T. (2014). The right agent for the job? International Conference on Intelligent Virtual Agents, pp. 374-384.
- [38]. Sakamoto, M., Alexandrova, T., & Nakajima, T. (2014). Introducing virtuality to enhance game-related physical artifacts. *International Journal of Smart Home*, 8(2), 137-152.
- [39]. Sakamoto, M., Nakajima, T., & Alexandrova, T. (2012). Digital-physical hybrid design: Harmonizing the real world and the virtual world. *Design and Semantics of Form and Movement*, 211.
- [40]. Sakamoto, M., Nakajima, T., & Alexandrova, T. (2015). Enhancing values through virtuality for intelligent artifacts that influence human attitude and behavior. *Multimedia Tools and Applications*, 74(24), 11537-11568.
- [41]. Suri, J. F. (2005). *Thoughtless acts?: Observations on intuitive design* Chronicle Books.
- [42]. TongKe, F. (2013). Smart agriculture based on cloud computing and IOT. *Journal of Convergence Information Technology*, 8(2)
- [43]. Yamada, Y.; Irie, K.; Gushima, K.; Ishizawa, F.; Al Sada, M.; Nakajima, T. HoloMoL: Human Memory Augmentation with Mixed-Reality Technologies. In *Proceedings of the 21th International Academic Mindtrek Conference, Tampere, Finland, 20–21 September 2017*
- [44]. Yates, F. (2014). *The art of memory* Random House UK.
- [45]. Zulkifli, C., & Noor, N. (2017). Wireless sensor network and internet of things (IoT) solution in agriculture. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 25(1)